

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Bakalářská práce

2013

Jiří Kokeš

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh systému údržby a kontroly svařovacího
přípravku

The suggestion of a maintenance system and
control for a welding jig

Student: Jiří Kokeš

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Datum odevzdání: 20.5.2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Kokeš**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R023 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Návrh systému údržby a kontroly svařovacího přípravku.**
The Suggestion of a Maintenance System and Control for a Welding Jig

Zásady pro vypracování:

V návaznosti na téma bakalářské práce navrhnete řešení systému údržby a kontroly technického stavu svařovacího přípravku. V rámci zadání proved'te:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Zpracování obecných ideových a technických postupů pro řešení systému údržby svařovacího přípravku.
3. Zpracování konkrétní metodiky provozní implementaci.
4. Zhodnocení veškerých přínosů.

Další potřebná technická specifikace zadání bude provedena v průběhu zpracování.

Seznam doporučené odborné literatury:

HELEBRANT, F.: *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 130s., ISBN 978-80-248-1690-6

KREIDL, M., ŠMÍD, R.: *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 1. vydání, 408s., ISBN 80-7300-157-6

KREIDL, M. a kol.: *Diagnostické systémy*. ČVUT v Praze, Praha 2001, 352 s., ISBN 80-01-02349-4

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování:

Děkuji panu Danielovi Kudláčkovi z firmy Borcad cz s.r.o. za pomoc při řešení mé práce poskytnutím měřicího vybavení a všech potřebných podkladů a panu doc. Ing. F. Helebrantovi, Csc. za nevšední trpělivost.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5.2013



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního

a § 60 – školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb. O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákona o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohled na výsledek její obhajoby.



V Ostravě: 20. 5. 2013

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Kokeš

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Fryčovice, 659, 739 45

ANOTACE

KOKEŠ, J.: *Návrh systému údržby a kontroly svařovacího přípravku*. Ostrava. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 49 s. Vedoucí práce: Helebrant, F.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem kontroly a údržby svařovacích přípravků pro svařovací roboty, používané ve výrobním procesu firmou BORCAD cz s.r.o. Je složena ze dvou částí: teoretické a praktické.

V teoretické části se zaměřuji na systémy údržby, výhody a nevýhody jednotlivých systémů z hlediska náročnosti a nákladnosti zavedení do provozu. Dále popisuji systémy a metody technické diagnostiky používané v údržbě.

V praktické části se zaměřuji na konkrétní svařovací přípravek, provádím rozbor jednotlivých bodů (upínacích prvků), pevnostní analýzu těchto prvků při namáhání maximální upínací silou, uvádím měření zvýšení teploty rychloupínačů svařováním a navrhuji optimální systém údržby a kontroly svařovacích přípravků, použitelný v provozu.

Klíčová slova: údržba, diagnostika, termovize, svařovací přípravek, rychloupínač

ANOTATION

KOKEŠ, J.: *The Suggestion of the Maintenance System and Control for Welding Jig*. Ostrava. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Machines and Construction, 2013, 49 p. Thesis head: Helebrant, F.

This bachelor thesis deals with the control and maintenance of welding jigs for welding robots used in the manufacturing process by BORCAD cz Ltd. It consists of two parts: theoretical and practical.

The theoretical part is focused on systems of maintenance, advantages and disadvantages of each system in terms of demand and costs of entry into operation. Also describes systems and methods of technical diagnostics used in maintenance.

The practical part focuses on specific welding jig, I analyse individual points (fasteners), strength analysis of these elements in the stress of maximum clamping force, state the measurement of temperature increase of quick couplers after welding process and suggest optimal system of maintenance and inspection of welding products usable in operation.

Keywords: maintenance, diagnostics, thermo vision, welding jig, quick coupler

1.	Úvod	
2.	O firmě BORCAD cz s.r.o.....	13
	2.1 BORCAD	13
	2.2 Produkty firmy BORCAD.....	14
	2.3 Sídlo firmy.....	15
3.	Údržba.....	17
	3.1 Názvosloví údržby dle ČSN EN 13306:2002	17
	3.2 Technický stav objektu.....	18
	3.3 Realizace údržby	18
	3.3.1 Údržba po poruše (BM).....	18
	3.3.2 Plánovaná údržba (PM).....	19
	3.3.3 Produktivní údržba (DiPP)	20
	3.3.4 Diagnostická údržba	20
	3.3.5 Prediktivní údržba	21
	3.3.6 Proaktivní údržba (TPM)	22
4.	Metody technické diagnostiky	24
	4.1 Diagnostické metody údržby.....	24
	4.1.1 Vibrodiagnostika	25
	4.1.2 Tribodiagnostika.....	26
	4.1.3 Akustická diagnostika	27
	4.1.4 Elektrodiagnostika.....	27
	4.1.5 Termodiagnostika.....	27

5.	Svařovací přípravky	30
5.1	Rozbor zkoumaného přípravku	30
5.2	Vertikální upínka V250/1B	31
5.3	Tlačná/tažná upínka P200	32
5.4	Možné příčiny špatného upnutí	33
5.5	Pevností analýza	33
5.5.1	MKP rychloupínače V250/1B	34
5.5.2	MKP rychloupínače P200	36
5.6	Analýza teplot rychloupínačů	38
6.	Návrh údržby svařovacího přípravků	41
6.1	Příčiny a následky špatně nastaveného rychloupínače	41
6.2	Zavedení záznamů údržby	42
6.3	Odpovědnosti obsluhy	42
6.4	Postup provádění kontrol a údržby	44
7.	Závěr	45
	Použité zdroje	46
	Seznam obrázků a tabulek	48

Seznam použitých zkratk

BM	Break maintenance (údržba po poruše)
PM	Planned maintenance (plánovaná údržba)
DiPP	diferencovaná, interaktivní a proporcionální péče
TMP	Total productive maintenance (Totálně produktivní údržba)
ND	Náhradní díly
FTT	Fast Fourier transformation (rychlá Fourierova transformace)
IČ	Infračervený
MKP	Metoda konečných prvků

1. Úvod

Svařovací přípravky, ať se již jedná o přípravky pro ruční svařování nebo pro svařovací automaty slouží k fixaci jednotlivých dílů svařence během svařovacího procesu. Kvalitní návrh a konstrukce přípravku zvyšuje tvarovou a rozměrovou přesnost finálního produktu. Nepostradatelnou součástí provozu svařovacího přípravku je jeho údržba, která umožňuje minimalizovat poruchy a odstávky a tím celkově zvyšuje efektivitu výrobního procesu, kterého je tento svařovací přípravek součástí.

Údržba strojů a zařízení ve výrobním podniku by již dnes měla být samozřejmostí. Údržbou není myšlena práce technika, který po poruše zajistí znovuuvedení stroje do provozuschopného stavu, ale jde o systém prevence, resp. predikce, zabráňující dlouhým neplánovaným odstávkám. Tyto odstávky zdržují celý výrobní proces a tím firmě působí finanční ztráty, které mohou až několikanásobně překročit cenu odstranění poruchy.

Cílem této práce je návrh systému údržby a kontroly svařovacího přípravku, používaného firmou BORCAD cz s.r.o. pro robotické svařování. Tento úkol mi byl přidělen panem Danielem Kudláčkem, ředitelem kvality. Důvodem je úplná absence jakéhokoli řádu při provádění údržby svařovacího přípravku v této firmě.

Pro porozumění problematiky se v teoretické části bakalářské práce zabývám rozбором jednotlivých systému údržby a metod technické diagnostiky. V praktické části se zaměřuji na rozbor jednotlivých upínacích prvků svařovacího přípravku, jejich pevnostní analýzu metodou MKP, vyhodnocením výsledků měření tepelného ovlivnění upínacích prvků a návrhem nejvhodnějšího systému údržby.

2. O firmě BORCAD cz s.r.o.

2.1 BORCAD

Firma BORCAD byla založena v roce 1990 jako konstrukční a vývojové studio současným majitelem a jednatelem Ing. Ivanem Borutou. Původní záměr firmy byl vývoj a konstrukce zdravotnických, veterinárních potřeb, zvedáky pro pacienty z van a další zakázková výroba. V roce 1997 BORCAD začal spolupracovat s německou firmou MAQUET. Ta odkoupila design gynekologického křesla a tím u firmy BORCAD započala vícekusová výroba. V 90. letech firma BORCAD získala zakázku na opravu jídelního vozu pro vagonku Studénka. Tím započala výroba sedaček pro 2. třídu a později i pro 1. třídu kolejových vozidel pro ČR, SR, Škoda, Tatranské železnice a další. Roku 2007 přešla firma z fyzické osoby na s.r.o. a začala výstavba nové montážní haly z důvodu větší poptávky. BORCAD má asi kolem 130 fyzických zaměstnanců a roční obrát kolem 430 miliónů korun., exportuje do 42 zemí světa a díky jedinečnému designu a originálním konstrukčním řešením patří k nejinnovativnějším firmám v oboru.

Z hlediska komplexnosti řešení má firma vlastní marketingovou část i konstrukční a vývojové oddělení, zabývající se designem a návrhem prototypů. Všechny výrobky jsou podrobeny testování od prototypů až po uvedení do sériové výroby. Výrobky prochází mechanickými (dynamickými, statickými, pevnostními) a elektrickými zkouškami životnosti, testy klimatických vlivů, testy chování při požáru, crash testy včetně ergonomického posuzování. Firma zajišťuje záruční i pozáruční servis v ČR i ve světě přes síť smluvních servisů.

V oblasti kolejové techniky nabízí BORCAD komplexní sortiment pro interiéry osobních vlaků. Regionální sedadla dodává mimo jiné do vlaků obsluhujících všechna významná moskevská letiště a podílí se na dodávkách pro dějiště zimních olympijských her 2014 v Soči. Sedadla z Borcadu jsou i ve vlacích Pendolino a nově byly vybaveny také vlaky Leo Express. BORCAD spolupracuje s takovými zákazníky, jako jsou Siemens, Stadler nebo Deutsche Bahn.

Ve zdravotní technice se BORCAD zaměřuje na vývoj, konstrukci a výrobu porodních postelí, gynekologických, transportních a dialyzačních křesel. V tomto segmentu patří

ke světové špičce, o čemž svědčí i řada prestižních designových ocenění. Nezaměnitelné produkty z BORCAD slouží pacientům a zdravotníkům doslova po celém světě.

Silnou stránkou společnosti BORCAD je kvalitní vývojové a konstrukční zázemí. Všechny produkty se mohou pochlubit unikátním technickým řešením a vynikajícím designem. Prestižní designové ocenění Red Dot získala v roce 2011 gynekologická ordinace Gracie a o rok později pak luxusní sedadlo do vlaků Comfort.

2.2 Produkty firmy BORCAD

Zdravotnictví:

AVE – porodní postel, vlnková loď. Speciální funkce postele jako opěry nohou, naklápění, excentricky umístěný hlavní nosný sloup jsou jedinečným konstrukčním řešením, které je patentově chráněno.

GRACIE – gynekologické křeslo, které v sobě integruje klasické gynekologické křeslo, lůžko pro ultrazvukové vyšetření a digitální kolposkop včetně monitoru, bezdrátové ovládání pohybu a impulzní funkce jako první na trhu. Křeslo se vyznačuje velmi rychlým pohonem a výsuvem, které ušetří až hodinu denně. Design křesla byl oceněn Reddot design award winter 2011.

SELLA, PURA, VITA – multifunkční křesla do nemocnic a domů s pečovatelskou službou. Křesla mají širokou škálu příslušenství a možností nastavení pro komfort pacienta i personálu. Křeslo SELLA se také vyznačuje funkcí podpory při vstávání.



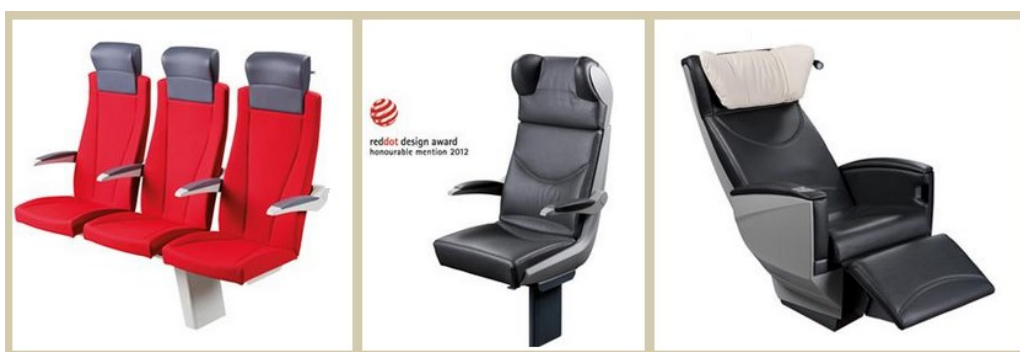
Obr. 1 – zdravotnická křesla AVE, GRACIE, PURA, SELLA [12]

Kolejová technika:

REGIO/REGIO+ – sedadla 2. třídy pro příměstskou dopravu. Dodává se jako modulární systém a výběrem barvy čalounění, podhlavníků a uspořádáním sedacích míst na základním rámu jako jedno sedadlo, dvojsedadlo nebo čtyřsedadlo. Základním atributem je nízká hmotnost, vysoká pevnost konstrukčních částí, odolnost vůči opotřebení a vandalismu. Sedadla REGIO+ jsou ještě navíc vybavena pojezdem, naklápěním opěrných dílů a propracovanějším designem čalounění.

COMFORT – sedadlo první třídy s unikátním patentovaným sklopným mechanismem, který neomezuje prostor cestujícího za sedadlem. Sedadlo získalo ocenění Reddot design award honourable mention 2012.

EXCELLENT - sedadlo první třídy. Jedná se o první sériově montované sedadlo ve vlacích. Je vybaveno elektrickým polohováním zádového a podnožního dílu včetně lumbální opěrky zad. Standardně je sedadlo vybaveno stolem a elektrickou zásuvkou.



Obr. 2 – křesla pro kolejovou dopravu REGIO+, COMFORT, EXCELLENT [13]

2.3 Sídlo firmy

Od roku 1997 firma sídlí ve Fryčovicích u Frýdku Místku. Zde se nachází výrobní i montážní hala i správní budova firmy.

Adresa:

Fryčovice 673

73945 Fryčovice

Česká republika



Obr. 3 – Budova firmy BORCAD

3. Údržba

Pro zajištění provozu strojních zařízení s minimálními poruchami je pravidelná údržba nezbytná. Je to soubor postupů a činností, kdy je systém, zařízení, přístroj nebo součástka udržován v provozuschopném stavu. Údržba má tedy zařízením zajistit vysokou provozní pohotovost.

3.1 Názvosloví údržby dle ČSN EN 13306:2002

Údržba – kombinace všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.

Cíle údržby – udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání optimálních nákladů (pohotovost, snížení nákladů, bezpečnost, ekologičnost apod.)

Plán údržby – strukturovaný soubor úkolů, do něhož se zahrnují činnosti, postupy, zdroje a časové plánování nutné k provádění údržby.

Zajištěnost údržby – schopnost údržbářské organizace mít v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu správné zajištění údržby na místě, kde je nutné provést údržbářský zásah.

Strategie údržby – metoda managementu používaná k dosažení cílů údržby

Udržovatelnost – schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo být vrácen do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a zdroje,

Objekt – jakákoliv, součástka, zařízení, subsystém, funkční jednotka, přístroj nebo systém, se kterým je možné se individuálně zabývat.

Náhradní díl – objekt určený k náhradě odpovídajícího objektu za účelem obnovy původní požadované funkce tohoto objektu (jednoúčelový nebo výměnný objekt – výměnná jednotka).[1][2]

3.2 Technický stav objektu

Vlastnosti systémů a součástí se časem mění (zvětšování vlivů v uložení vlivem mechanického opotřebení, změna geometrických parametrů vlivem únavy materiálů, působením vnějších vlivů, aj.), až do okamžiku poruchy součástky nebo celého zařízení. Technický stav je tedy schopnost objektu splňovat požadované funkce za daných technických podmínek pro jeho užívání.

Možné stavy objektu

Použitelný stav – také provozuschopný. Pokud jsou zajištěny všechny podmínky, objekt může vykonávat požadovanou funkci.

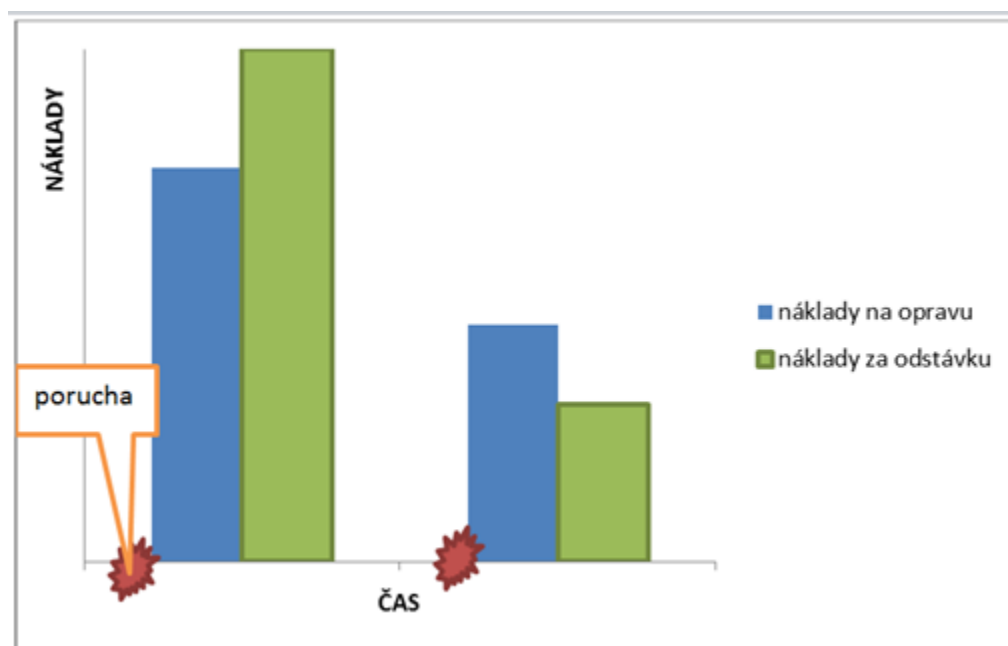
Poruchový (nepoužitelný) stav – objekt je neschopen, kvůli svému technickému stavu, vykonávat požadovanou funkci.

Provozu-neschopný stav – objekt je neschopen konat svou funkci z jakýchkoli důvodů.

3.3 Realizace údržby

3.3.1 Údržba po poruše (BM)

Během provozu zařízení jsou náklady na údržbu nejnižší, jelikož se údržba zapojuje, jakmile nastane porucha. Tento systém údržby je ovšem nevhodný a neefektivní, jelikož zpravidla nastává odstávka celého stroje, resp. celého technologického postupu (produkce) do doby výměny zničených částí a částí poškozených poruchou. Jedná se tedy o nejméně vhodný systém údržby, od kterého se již v dnešní době upouští. Jak náklady vynaložené na odstranění poruchy, tak i časová náročnost jsou velmi vysoké. Nutno také zmínit, že ušlý zisk z důvodu odstávky může až několikanásobně přesáhnout náklady vynaložené na opravu.

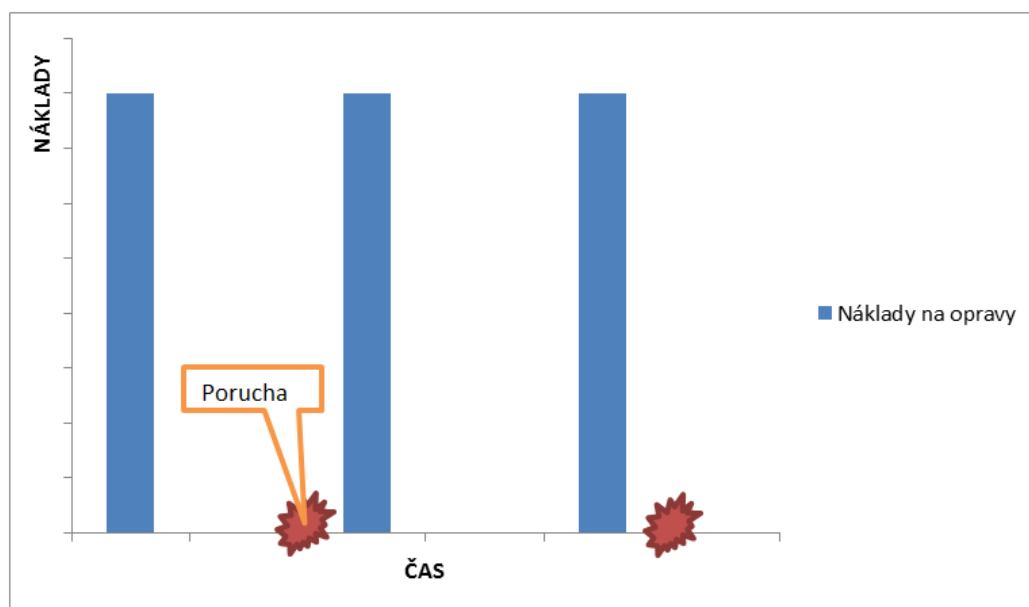


Obr. 4 – schéma systému údržby po poruše [3]

3.3.2 Plánovaná údržba (PM)

Údržba je prováděna dle pevně daného časového intervalu. Opravy technologických uzlů nebo opravy a výměny jednotlivých prvků objektu se řídí podle jejich teoretické spolehlivosti a předpokládaných časových průběhů vybraných parametrů spolehlivosti. U PM je rozhodující časový interval mezi uvedením zařízení do provozu a generální opravou.

Výhodou této metody v porovnání s předchozí je odhalení rizika poruchy a plánované odstávky k řešení výrobních problémů. Nevýhodou ovšem zůstává založenost dle statických podkladů oprav a ne z aktuálního technického stavu objektu. Z toho vyplývá, že údržba může být vykonána příliš brzy nebo naopak příliš pozdě. K další nevýhodě patří zejména finanční náročnost na tento druh údržby. Náklady na údržbu jsou sice menší proti opravám po poruše, ale přesto jsou zde zbytečné výdeje za ND a součástky, které jsou ještě funkční, ale jsou měněny z důvodu prevence (Obr.5).



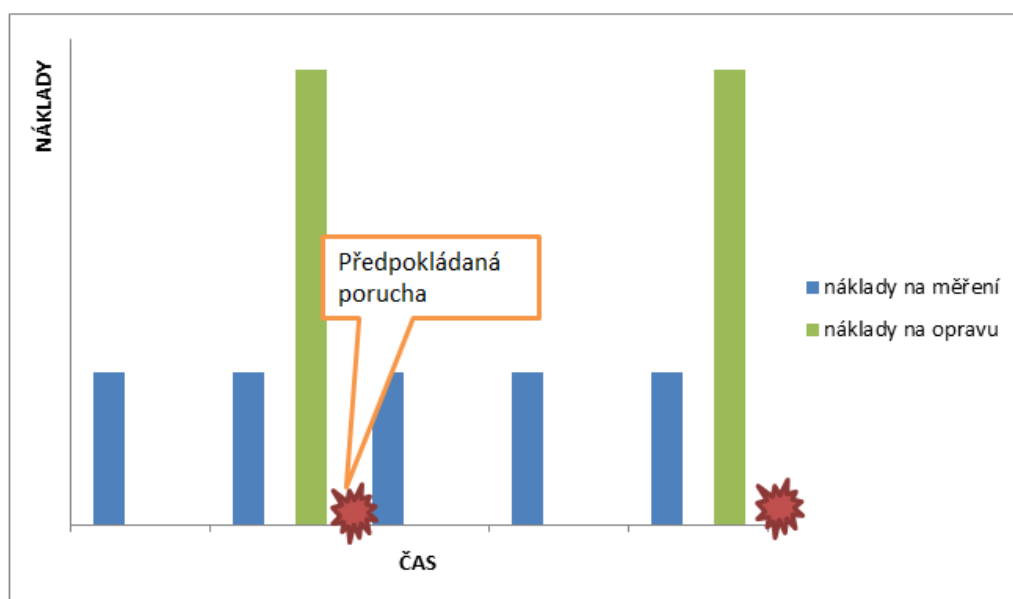
Obr. 5 – schéma systému plánované údržby [3]

3.3.3 Produktivní údržba (DiPP)

Také nazýváno jako systém diferencované proporcionální péče. Systém netvoří celek, ale je rozdělen na části různého významu, různých vlastností, různé životnosti, časového využití nebo provozního zatížení. Využívá se tedy rozdílného přístupu k údržbářským úkonům u objektů podle jejich důležitosti ve výrobním procesu. Stanovuje se tedy stupeň složitosti stojů, technický stav na bázi zjevných znaků opotřebení, stupeň technické úrovně, možnost opravitelnosti (na základě rozsahu poškození, náročnosti opravy a možnostech údržby). V tomto systému se tedy údržba řídí potřebou maximálních úspor.

3.3.4 Diagnostická údržba

Tzv. mezní systém údržby používá objektivní metody technické diagnostiky na posouzení skutečného stavu objektu. Stroje jsou odstavovány až tehdy, když překročí určitou mez opotřebení, či přesáhnou meze povolené tolerance. Metodami technické diagnostiky určíme poruchu a místo možného výskytu a upřesníme druh defektu. Diagnostická měření jsou prováděná v daných časových intervalech na objednávku nebo monitorováním.

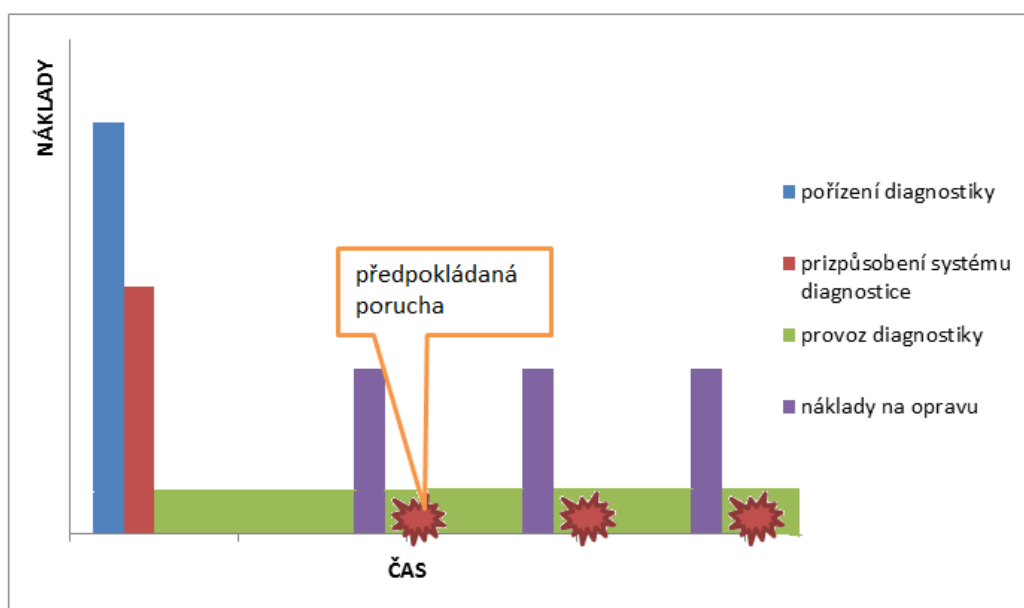


Obr. 6 – schéma systému diagnostické údržby [3]

3.3.5 Prediktivní údržba

Systém prediktivní resp. prognostické údržby se dostal do povědomí s rozmachem technické diagnostiky. Systém využívá technické diagnostiky nejen k určení aktuálního stavu zařízení, ale na základě vyhodnocení trendů se určuje zbytková životnost objektu, tj. zbylý čas do další nutné opravy. Konstrukční uzly nebo díly objektu ohrožené poruchou se mění nebo opravují v dostatečném předstihu před poruchou, ale zároveň v době, kdy je již součástí náležitě opotřebovaná. Tento systém vyžaduje dokonalé měřicí přístroje technické diagnostiky. Stanovení „správného“ okamžiku pro údržbu se provádí podle naměřených hodnot vybraných provozních parametrů, zjištěných trvalým nebo alespoň periodicky sledováním.

Výhodou prediktivní údržby je tedy několikanásobné snížení nákladů, v porovnání s předešlými metodami, předcházení poruch a tím související ztráty z neplánované odstávky zařízení. Délka takovéto odstávky k preventivní opravě je při srovnání s údržbou po poruše téměř zanedbatelná. Nevýhodou ovšem zůstávají vysoké počáteční náklady, dány cenou diagnostického systému a přizpůsobení strojů technické diagnostice. Průběžné náklady na provoz diagnostiky jsou v porovnání s pořizovacími již nízké (Obr. 7). Nutno ovšem zmínit, že vysoké pořizovací náklady se většinou několikanásobně vrátí jako úspory nákladů na opravy následků poruch vzniklé haváriemi.



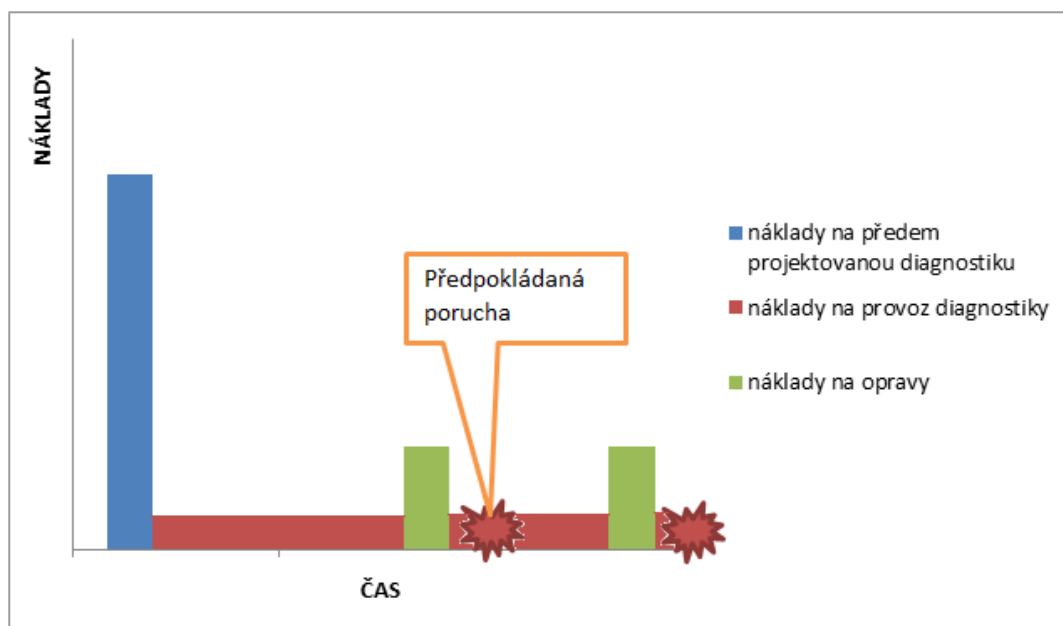
Obr. 7 – schéma systému prediktivní údržby [3]

3.3.6 Proaktivní údržba (TPM)

Jedná se o vylepšení prediktivní údržby, resp. její vrcholnou podobu. Využití diagnostiky je tedy stále základem, ovšem pro potřeby proaktivní údržby se kombinují její relativně samostatné obory, pro optimální pokrytí celého sledovaného zařízení. Změnou v proaktivní údržbě je zejména to, že se životně důležité součásti navrhují s ohledem na zavedení diagnostiky. Mělo by být pamatováno na snadný přístup k zavedení diagnostiky, umístění snímačů pro měření vibrací nebo teploty, na místa pro odebrání vzorků maziv, případně kontrolu dalších parametrů. Tento druh údržby se soustředí na příčiny poruchy a ne na příznaky opotřebení. Mezi tyto příčiny můžeme řadit např. špatnou organizaci práce údržby, nekvalitní instalaci a nastavení, nezpůsobilou obsluhu, nesprávně provedený technický zásah do objektu.

Použitím proaktivní údržby se snižují náklady na zavedení diagnostiky. Dodatečné zavedení diagnostiky na hotové stroje je komplikovanější z důvodu možnosti potřeby dodatečných úprav na objektu, což se odrazí na vedlejších nákladech (Obr. 8). Proaktivní údržba umožňuje použití optimálních a předem zvolených možností diagnostiky. Celková účinnost stroje a jeho výkonost se maximalizuje zejména snížením ztrát plynoucích z chodu na prázdko, poruch, zmetků, seřizování atd. Tento systém ovšem vyžaduje

investice do zvyšování dovedností a kvalifikace pracovníků z hlediska údržby strojů a zařízení. [2][3] [4] [5]



Obr. 8 – schéma systému TPM [3]

4. Metody technické diagnostiky

Jak je zřejmé z předešlé kapitoly, údržba jde ruku v ruce s technickou diagnostikou, zejména u modernějších a v poslední době stále více používanějších systémech údržby. Technická diagnostika využívá především objektivních metod k posouzení stavu objektů. Technickou diagnostiku jakožto samostatný obor můžeme rozdělit na dvě skupiny. Těmi jsou bezdemontážní metody a nedestruktivní metody neboli defektoskopie. Tyto metody se zabývají zkoumáním fyzikálních a procesů, ze kterých získávají informace o technickém stavu stroje nebo zařízení. Velmi cennými údaji pro údržbu jsou také pojmy prognóza, diagnóza a geneze.

Prognóza - určuje vývoj budoucího technického stavu stroje, či zařízení stanovený na základě statisticky vyhodnocené pravděpodobnosti bezporuchového stavu.

Diagnóza - je vyhodnocení momentálního technického stavu stroje nebo zařízení za daných technických podmínek, přitom základními úkoly jsou: detekce poruchy nebo vady a lokalizace poruchy nebo vady.

Geneze - je analýza možných příčin vzniku vady nebo poruchy zařízení s předpokladem dostatečné znalosti minulosti objektu.

4.1 Diagnostické metody údržby

Jak bylo nastíněno v předcházejícím textu, technickou diagnostiku můžeme rozdělit na dva druhy a to na bezdemontážní diagnostiku a nedestruktivní diagnostiku. Rozdělení a podskupiny jednotlivých metod jsou vyobrazeny v tab. 1.

Technická diagnostika	
Bezdemontážní diagnostika	Nedestruktivní diagnostika (defektoskopie)
<i>Vibrodiagnostika</i>	<i>Kapilární defektoskopie</i>
<i>Tribodiagnostika</i>	<i>Ultrazvuková defektoskopie</i>

<i>Termodiagnostika</i>	<i>Elektromagnetická defektoskopie</i>
<i>Elektrodiagnostika</i>	<i>Prozařovací defektoskopie</i>
<i>Akustická diagnostika</i>	<i>Magnetická defektoskopie</i>

Tab. 1 – Rozdělení technické diagnostiky

V rámci mé bakalářské práce dále rozvinu metody bezdemontážní diagnostiky, přičemž se nejvíce zaměřím na termodiagnostiku. Termodiagnostikou se budu nejvíce zabývat proto, že při zkoumání tepelného ovlivnění upínek jsem pro měření teploty použil právě termovizní kameru zapůjčenou firmou BORCAD, konkrétně se jednalo o model TIS od výrobce FLUKE.

4.1.1 Vibrodiagnostika

Jedná se o jednu z hlavních používaných metod v technické diagnostice, a jak napovídá název, identifikace technického stavu se provádí pomocí měření vibrací. Pomocí vibrodiagnostiky můžeme detekovat závadu, určit její lokaci a předpovědět zbývající čas do vzniku poruchy.

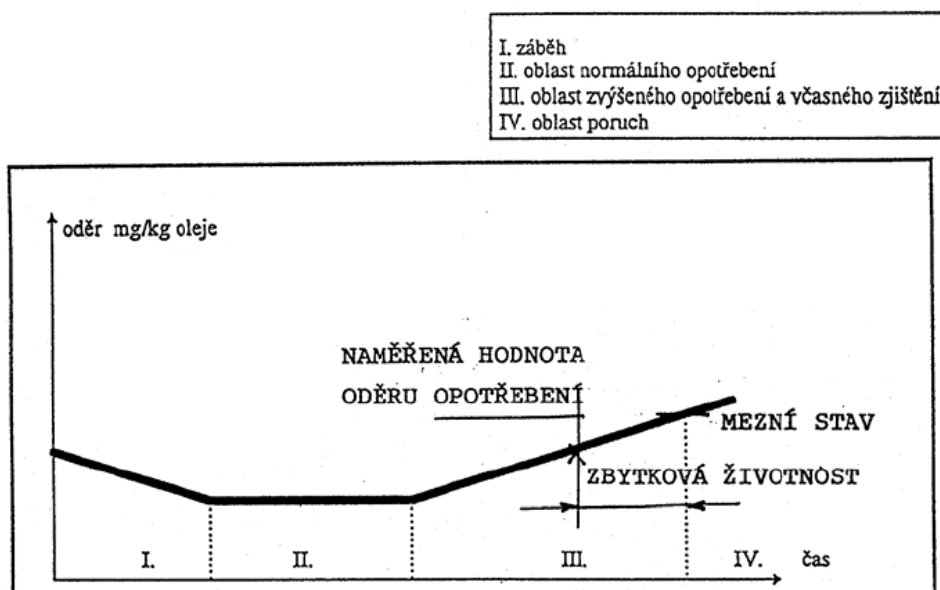
Pro měření se používají snímače vibrací. Ty vibrace převádějí na elektrický signál, který se dá dále lépe zpracovat, editovat a vyhodnotit. Pro dosažení co nejvhodnějších výsledků je vytvořeno mnoho druhů snímačů, které se liší v různých parametrech, ale rozdělení snímačů můžeme provést na dvě hlavní skupiny. Seismická zařízení připevňující se přímo na konstrukci stroje a Snímače relativní výchylky měřící relativní vibrační výchylku mezi nerotujícími a rotujícími částmi objektu. Pro co nejreprezentativnější výsledky vyjádření skutečné amplitudy musíme při umisťování snímačů dbát na vhodné zvolení měřících míst. Zejména dbáme na co nejmenší vzdálenost snímače od vzniku vibrací.

Pro určení jednotlivých vibrací různých částí objektu zpracováváme časový signál. Nezpracovaný časový signál je nepřehledný a je v něm těžké určit některé poruchové jevy, proto je k lepší identifikaci používána rychlá Fourierova transformace – FTT. Při vhodném použití můžeme zlepšit spolehlivost objektů, předcházet poškození strojů a s tím souvisejícím ztrátám a odstávkám. [6]

4.1.2 Tribodiagnostika

Tribodiagnostika využívá maziva pro získání informací o mechanických změnách a dějích v objektu. Zabývá se tedy zjišťováním a vyhodnocováním stavu maziva a výskytem cizích látek v mazivu jako např. otěrový kov, voda, chladicí kapalina atd. Maziva můžeme rozdělit na čtyři hlavní skupiny maziva tuhá (např. grafit), kapalná (např. olej), plastická (např. mazací gely) a plynná (např. vzduch)

Nutno ještě definovat pojem opotřebení, což znamená trvalý úbytek materiálu z povrchů při jejich vzájemném pohybu nebo při pohybu média. Stav opotřebení objektu, resp. třecích uzlů se určuje z množství otěrových kovů v mazivu. Tyto kovové částice tvoří s mazivem suspenzi. Pro určení životnosti maziva, popř. určení stupně znehodnocení se provádí zkoumáním parametrů jako bod vzplanutí, bod hoření, viskozita, kyselost, obsah vody atd. Tribodiagnostika má tedy dva hlavní úkoly a to sledování stavu opotřebení jednotlivých třecích uzlů a sledování degradace maziva. Velikost otěrových kovů v závislosti na čase se dá určit Vanovou křivkou (Obr. 9). Její průběh je totožný se závislostí velikostí vibrací na čase (vibrodiagnostika). [2]



Obr. 9 – Vanová křivka [2]

4.1.3 Akustická diagnostika

Akustická diagnostika se do jisté míry prolíná s vibrodiagnostikou. Používá stejné nástroje pro zpracování signálů i podobné přístrojové vybavení jako vibrodiagnostika. Princip spočívá v získávání informací o technickém stavu objektu z vyzařované zvukové energie.

Nejjednodušší akustická diagnostická metoda je prosté poslouchání uchem, přístrojové měření se provádí zvukoměrem. Zvukoměr reaguje na zvuk podobně, jako lidské ucho, ovšem umožní nám objektivní a reprodukovatelné měření. Největší výhodou je bezkontaktní měření signálu, naopak nevýhodou je možné rušení signálů šumem z pozadí a vyšší pořizovací náklady než vibrodiagnostika. [7]

4.1.4 Elektrodiagnostika

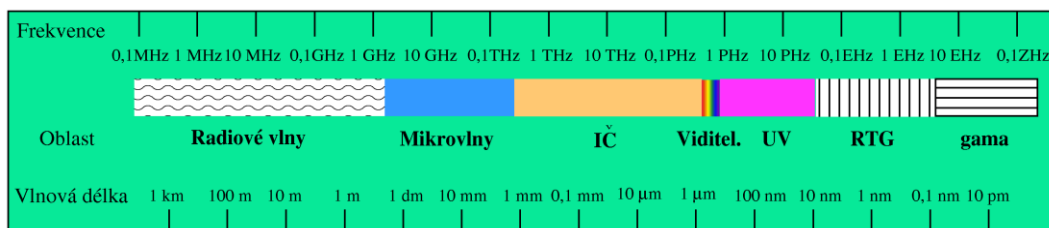
Elektrodiagnostika se třídí do užších specializací diagnostiky řídicí elektroniky a silové elektrotechniky. V energetických oblastech jde především o sledování stavu odporů v instalaci, stavu izolace a o ochranu strojů a jejich částí před poškozením nežádoucím zkratem, výbojem apod. Stálý rozvoj zaznamenává elektrodiagnostika v oborech výpočetní a řídicí techniky, komunikační, tj. procesorů, počítačů a jiné specializované elektroniky. [3]

4.1.5 Termodiagnostika

Jev charakterizující určitý stav objektu je teplota. Díky zkoumání a vyhodnocování teploty na povrchu těles můžeme kontrolovat zahřívání (přehřívání) strojních dílů, způsobené například vadným ložiskem nebo ustavením stroje, elektrických spojů i tepelné vlastnosti budov. Použití je tedy možné všude, kde dochází ke změnám teplot a vyzařování tepelné energie.

Základní měření teplot se může provádět kontaktním měřením nebo bezkontaktním měřením. Kontaktní měření se provádí rtuťovými teploměry, termočlásky apod. V současné termodiagnostice se ovšem využívá převážně bezdotykové měření. Tyto měření se realizuje především bezkontaktními teploměry a termokamerami. Tyto přístroje pracují na principu infračerveného záření (IČ), které je pro lidské oko neviditelné. Jedná se

o elektromagnetické záření o velikosti mezi 760nm a 1mm vlnové délky. Rozdělení elektromagnetických záření podle vlnových délek můžeme vidět na obr. 10.



Obr. 10 – Rozdělení elektromagnetického spektra [9]

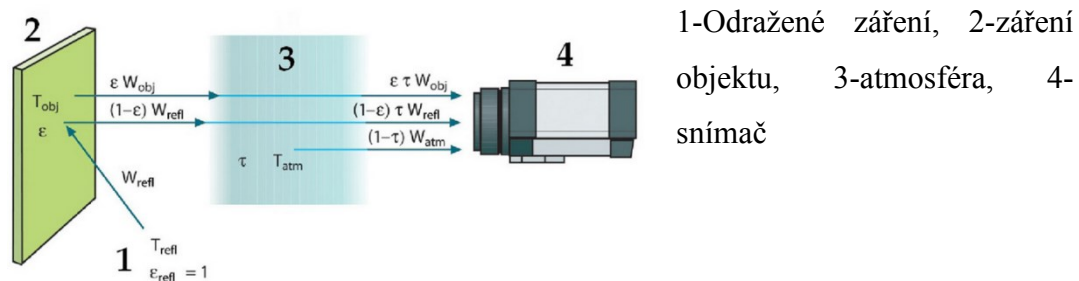
Pro bezkontaktní měření teplot se používají systémy rozlišené podle provedení druhu použitého snímače. Mezi nejzákladnější systémy používané v současné době patří spektrální pyrometry. Jedná se o jednobodové bezkontaktní teploměry, které měřenou hladinu záření přepočítávají na teplotu. Jelikož je u nich použit jednobodový detektor, je výstupem pouze jedna hodnota. Výhodou těchto systémů je především nízká cena. Nevýhodou jsou možnosti zobrazení (nelze provést zobrazení teplotního rozložení) a použití na krátké vzdálenosti.

Pro pokročilejší měřicí aplikace mají větší uplatnění dlouhovlnné termovizní kamery, u kterých je použitý maticový detektor. Díky tomu není výsledkem pouze jedna hodnota, jako u IČ teploměrů, ale obraz sestaven podle úrovní vyzařované IČ energie z měřeného místa. Takto můžeme nejen změřit okamžitou teplotu, ale především zjistit teplotní rozložení a zdroje šíření tepla. Zobrazovací jednotka termovizních kamer má nejčastěji rozlišení 320x240 obrazových bodů.



Obr. 11 – porovnání infračerveného teploměru a termokamery

IČ teploměr i termovizní kamera snímá záření nejen vycházející z pozorovaného objektu, ale také záření odražené na jeho povrch. Obě tato záření jsou také zeslabovaná atmosférou mezi měřicím přístrojem a měřeným objektem. Z tohoto důvodu termovize žádá nastavení určitých parametrů. Reálné podmínky popisuje obr.12.

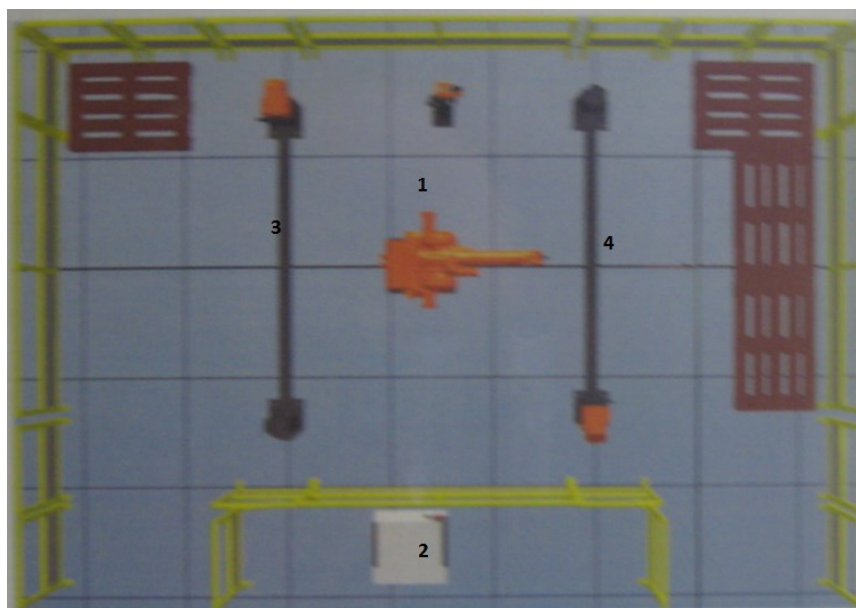


Obr. 12 – Náčrt obecného termovizního systému [11]

Schopnosti vyzařovat IČ záření (emitace) je u objektů různá, je pro správné měření nutné znát emisivitu. Emisivita je poměr energie vyzařené tělesem k vyzařované energii černého tělesa se stejnou teplotou. U většiny objektů je tento parametr vysoký, pokud ovšem tomu tak není, je nutno použít speciálních pomůcek (např. folie se známou emisivitou) a určených postupů. [8] [10] [11]

5. Svařovací přípravky

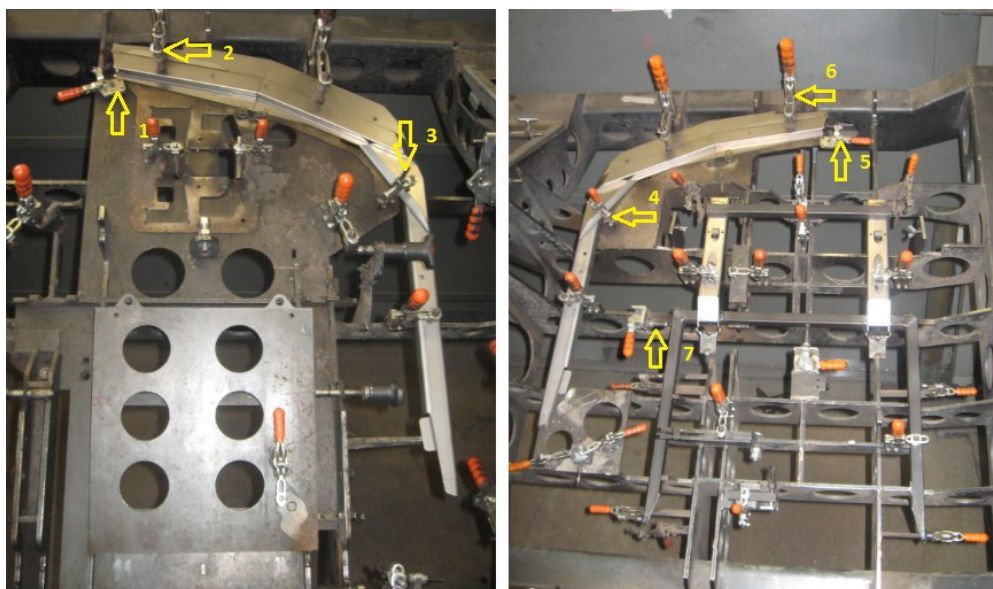
Tato kapitola zahajuje praktickou část bakalářské práce. Jejím cílem je analyzovat možné příčiny špatného upnutí dílu svařence, rozbor provedeného měření a návrh systému údržby pro kontrolu a údržbu svařovacího přípravku. V mé práci se soustředuji pouze na přípravek pro svařovací automat firmy BORCAD. Jedná se o rám s ručním upínáním obrobků umístěný na stolovém polohovadle. Tento přípravek zajišťuje pevné upnutí částí svařence v průběhu svařování (naklápění stolu).



Obr. 13 – Rozmístění robotického pracoviště: 1-rameno svařovacího robota, 2-řídící jednotka, 3, 4-polohovadla se svařovacími přípravky

5.1 Rozbor zkoumaného přípravku

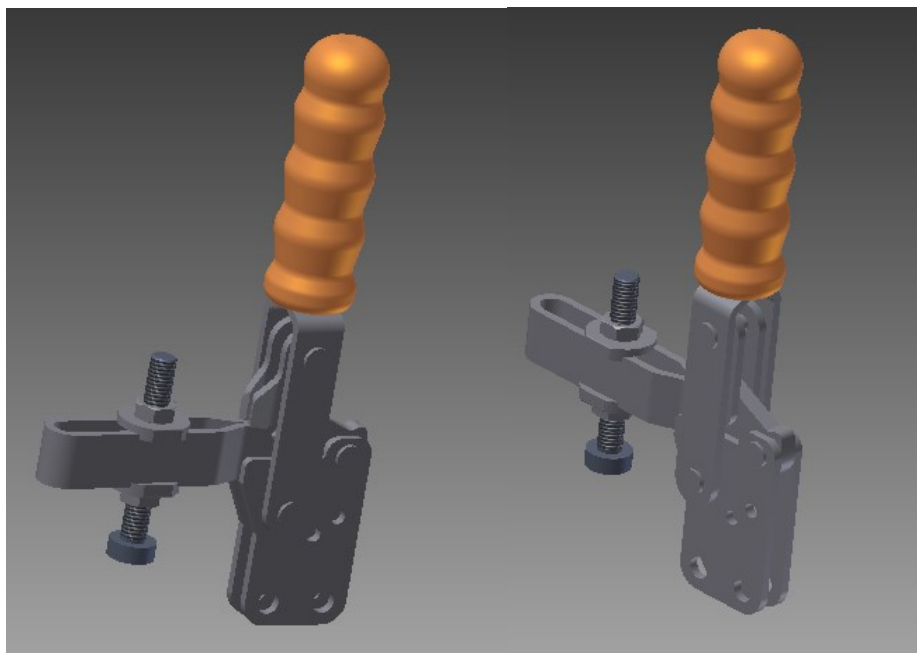
Svařování přípravek, který jsem měl možnost pozorovat ve firmě za provozu si, společně se všemi ostatními, firma BORCAD navrhovala a konstruovala svépomoci. Pro upnutí obrobků slouží manuální upínky firmy Brauer. Na obr. 14 můžeme vidět levou a pravou upínací část přípravu, střední část je pouze výztuha rámu. Pro kontrolu bylo vybráno 7 měřících upínek (6 vertikální, 1 tlačná). Měřící místa byla vybrána tak, že by rychloupínače 3 a 4 neměly být ovlivněny sdíleným teplem ze svařovaných oblastí, na rozdíl od upínek 1, 2, 5, 6, 7, které jsou od svarů vzdáleny minimálně.



Obr. 14 - Svařovací přípravek

5.2 Vertikální upínka V250/1B

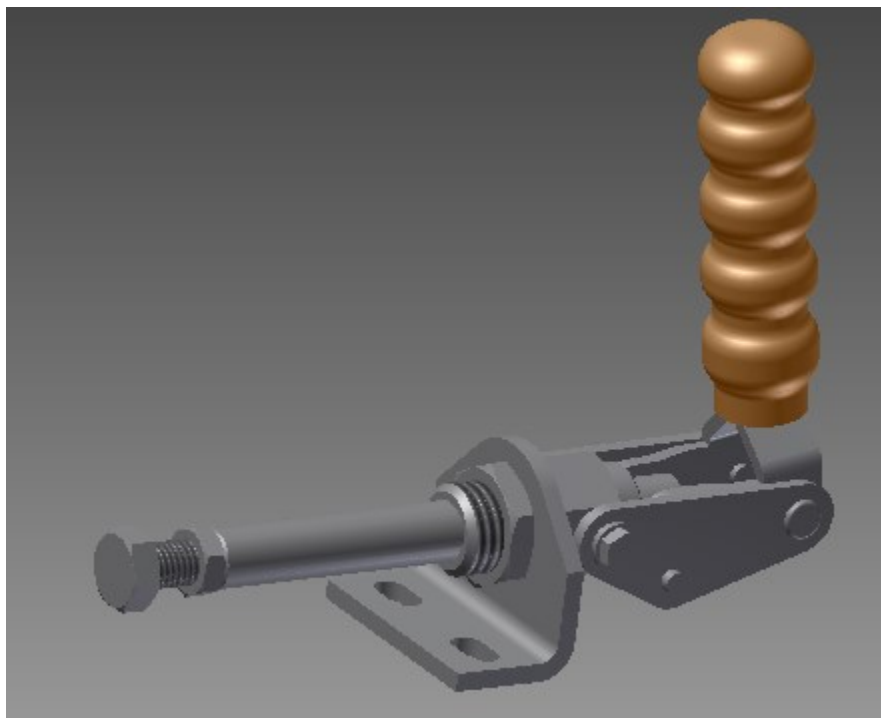
Vertikální rychloupínač se svislou patkou a nastavitelným přitlačným šroubem Brauer V250/1B (obr. 15) poskytuje při správném nastavení vertikální přitlačnou sílu na obrobek až 250N. Jedná se o upínky 1-6 na obr. 14., z toho upínky 3 a 4 jsou připevněny k rámu dvěma šrouby vel. M6x30, zbytek je přivařen k rámu. Upínací šroub vel. M8x60 je k ramenu rychloupínače zajištěn dvěma kontramatkami, tím je jednoznačně určena poloha upínání a přitlačná síla.



Obr. 15 – model rychloupínače

5.3 Tlačná/tažná upínka P200

Jedná se o upínač s posuvnou tyčí s konzolou. Upínač lze aretovat jak v otevřené, tak v zavřené poloze držadla. Proto je lze použít jak na tlak, tak i na tah (push-pull), ovšem v tomto přípravku se součást upíná tlakem. Přítlak se nastavuje šroubem v těle tlačné tyče a je opět zajištěn kontramaticí. U tohoto rychloupínače je nastaven pouze přítlak, na rozdíl od předchozího, kde se posunem šroubu může nastavit i místo upínacího tlaku. Maximální upínací síla je výrobcem deklarovaná na $F=200\text{N}$ na tah i tlak.



Obr. 16 – Model rychloupínače P200

5.4 Možné příčiny špatného upnutí

Při špatné fixaci dílů do přípravku dochází vlivem otáčení stolu k pohybu svařované části. Z toho vyplývá, že svar provedený robotem, který je naprogramován podle přesného umístění svarů v prostoru (pozice stolu, pozice a natočení svařovacího ramena), může být neúplný, nebo na nepožadovaném místě svařence. Tímto nastávají prostoje, neboť se špatné svary musí dovařit ručně, popřípadě může dojít k znehodnocení celého dílu.

5.5 Pevnostní analýza

Pevnostní analýza pomocí metody MKP nám pomůže nastínit průběh deformace, resp. místa rychloupínače, které nejvíce podléhají deformaci, při vyvinutí maximálního upínací síly dané výrobcem. Při upínání dílů svařence maximální upínací sílu nepoužíváme, v praxi je tato síla zpravidla menší, ale použitím maximální síly v pevnostní analýze zjistíme maximální deformace rychloupínačů. Vyhodnocením MKP je napětí von Mises, které je ekvivalentní reálnému napětí. V tomto případě se jedná o kombinaci šesti složek napětí (x , y , z , M_x , M_y , M_z) do jednoho.

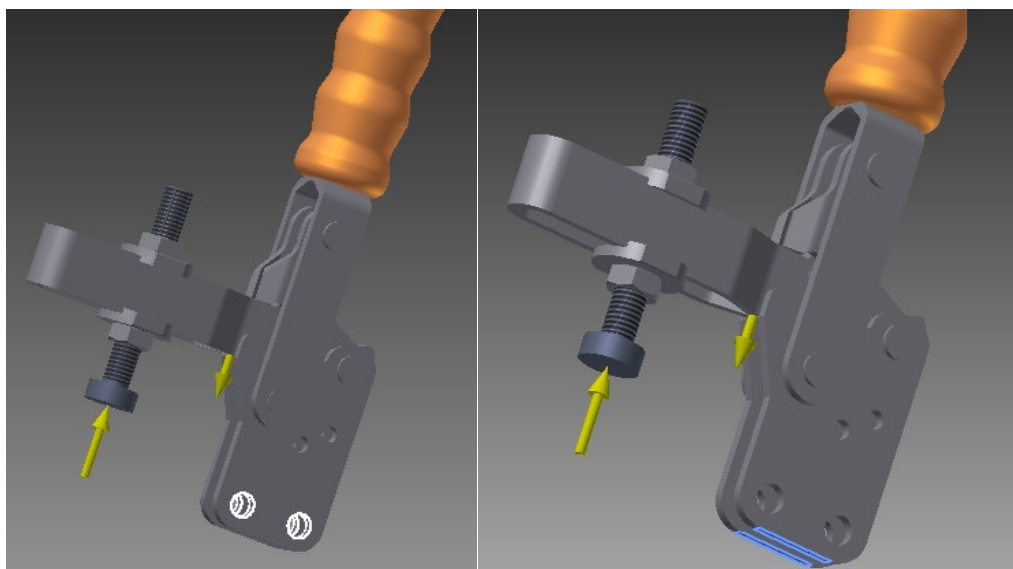
5.5.1 MKP rychloupínače V250/1B

U tohoto typu rychloupínače musíme provést dvě pevnostní analýzy a to na upínky, které jsou přivařené 1, 2, 5, 6 a zvláště na upínky 3, 4 které jsou k rámu přišroubovány. Upínky 3, 4 jsou přišroubovány, jelikož jejich upínací síly jsou menší, než u zbylých, aby nedošlo k deformaci svařované části (obr. 17).



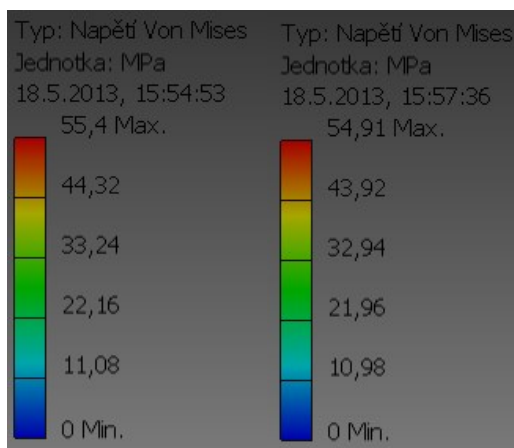
Obr. 17 – Část svařence citlivá na mechanickou sílu

Pro pevnostní analýzu je nutné zvolit okrajové podmínky (vazby, síly), ty jsou zvoleny tak, aby při simulaci nahradily skutečné uchycení rychloupínače k rámu (obr. 18) Dále bylo pro simulaci nutno zvolit velikosti a směry působících sil, tedy přítláčné síly $F=250\text{N}$ a směru působení gravitace.



Obr. 18 – Volba okrajových podmínek: vlevo pro upínku přichycenou šrouby, vpravo pro přivařenou

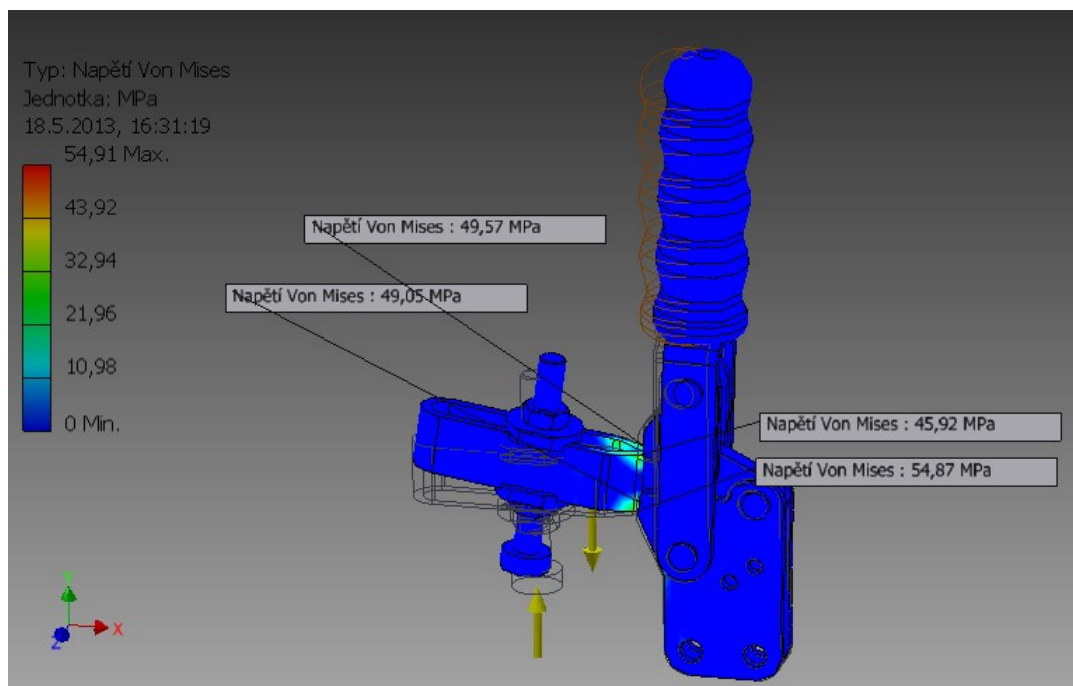
Tyto upínky jsou na rámu svařovacího přípravku usazeny vertikálně (2, 3, 4, 6) a horizontálně (1, 5). Proto by se měl směr působení gravitace podle těchto podmínek měnit, ovšem při porovnání rozdílu maximálního napětí (obr. 19), se tato hodnota rozdílu jeví jako zanedbatelná ($\sigma_{\Delta \text{ Von-Mises}} = 0,5 \text{ MPa}$). Z tohoto důvodu bude stačit pro znázornění deformací jedna simulace a to pro vertikální uchycení rychloupínače.



Obr. 19 – Rozdíl napětí Von-Mises pro různé směry gravitace

Z výsledků simulace (obr. 20) je jasné zřejmé, že k největší koncentraci napětí dochází v přítlačném ramenu upínky, před místem dotyku aretovací páky. Největší posunutí

nastává na konci přitlačného ramena. Hodnota tohoto posunutí je $l=0,03456\text{mm}$, což na upínací vlastnosti nemá žádný vliv.



Obr. 20 – Výsledek simulace vertikální upínky

Simulace pro rychloupínače uchycené šrouby i přivařené k rámu vyšly výsledky MKP naprosto totožně, v reálu je však průměr díry pro šroub větší než průměr závitu šroubu, proto by při špatném utažení těchto šroubů mohlo dojít k pohybu upínky vůči rámu přípravku.

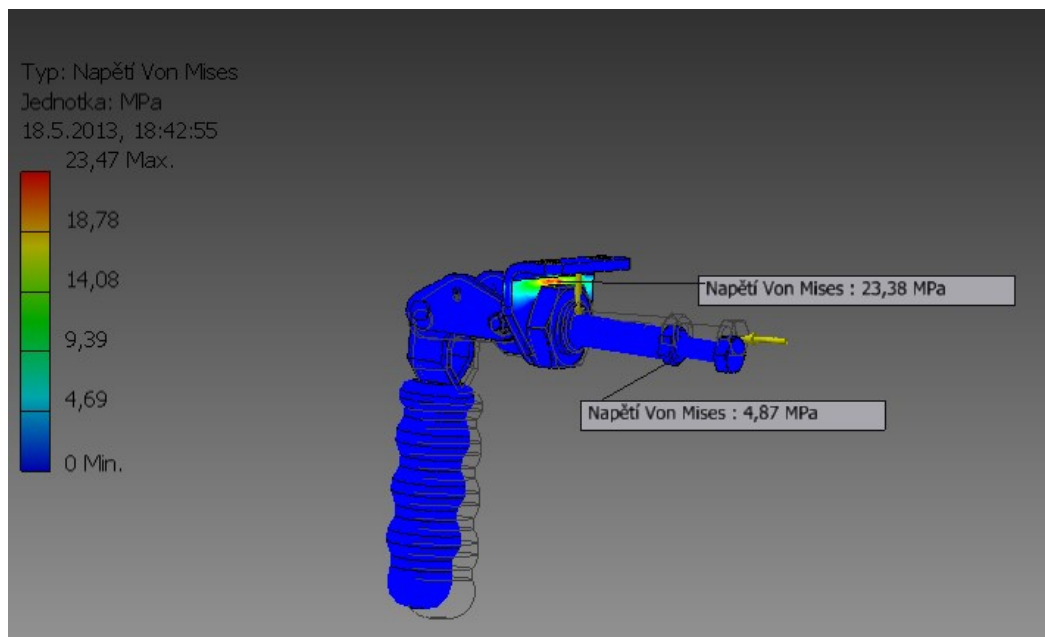
5.5.2 MKP rychloupínače P200

Na zkoumaném přípravku se tento typ (push-pull) rychloupínače vyskytoval pouze jednou (obr. 21), ovšem BORCAD v provozu používá řádově desítky různých druhů přípravků a další se stále vyvíjejí pro potřeby výroby, tudíž je tento typ rychloupínače ve firmě hojně zastoupen.



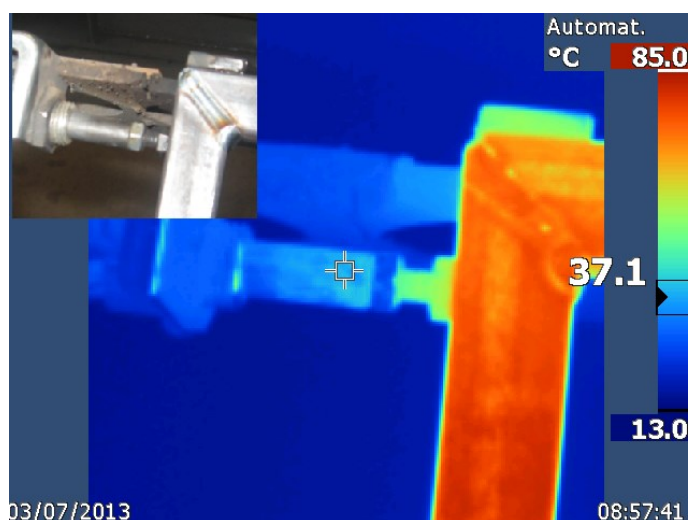
Obr. 21 – Rychloupínač push-pull, měřicí místo 7

Z obr. 21 Je zřejmé, že je upínka zasunuta v zářezu na rámu přípravku a přichycená svarem. V souladu s tím také byly zvoleny okrajové podmínky. Ve výsledcích simulace (obr. 22) je patrné, že k největšímu namáhání upínky dochází v místě uchycení L-profilu, toho namáhání je ovšem tak malé, že na rozměrovou deformaci nemá žádný vliv



Obr. 22 – Výsledek simulace upínky typu push-pull

5.6 Analýza teplot rychloupínačů



Obr. 23 – Ukázka měření termokamerou (upínka č. 7)

Upínky jsou ovlivněny nejen přítláčnou silou působící napětí, ale také teplotou přecházející do upínky ze svarů. Hodnoty naměřených teplot jsou uvedeny v tab. 3. Měření bylo provedeno termovizní kamerou firmy FLUKE. Tyto teploty jednotlivých upínek byly měřeny vždy ve stejném pořadí po skončení svařovacího cyklu. Teploty nebylo možné změřit ihned po vytvoření svaru u dané upínky, protože oblast kolem svařovacího přípravku byla zabezpečena proti úrazu pohybovými senzory. Při překročení se svařování automaticky ihned zastaví. Další omezením byly možnosti termokamery, která je konstrukčně určena především na kontrolu budov, tudíž její rozsah měřitelných teplot je od -30°C do +100°C.

Bod	Začátek svařování [min:sec]	Konec svařování [min:sec]
1	2:20	2:40
2	2:40	2:55
3	3:25	3:55
4	2:00	2:20

5	1:00	1:30
6	1:35	1:55
7	7:10	7:40

Tab. 2 – Časy svařování jednotlivých bodů

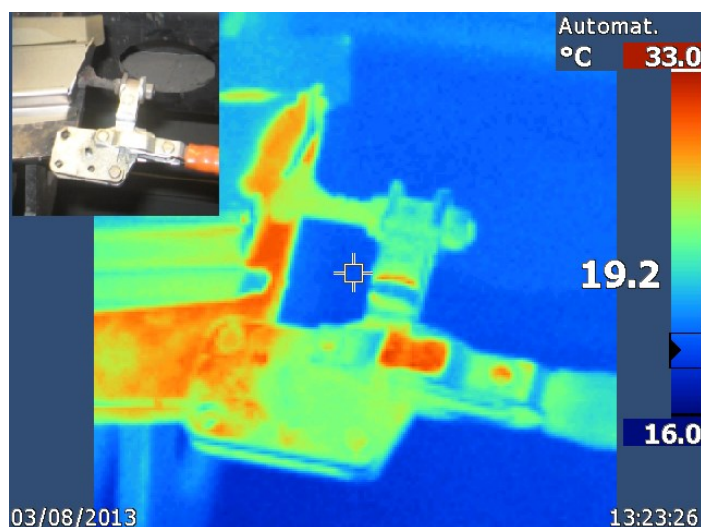
Jeden svařovací cyklus trvá 8 minut 13 sekund, měřeno od spuštění svařovacího cyklu po úplné skončení (vysunutí ochranného krytu svařovacího ramena). V tabulce 2 můžeme pozorovat časy svařování jednotlivých měřených bodů (obr. 14).

	Číslo měřícího bodu						
Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7
1	32°C	27,3°C	44,5°C	31,4°C	38,9°C	26,6°C	37,1°C
2	27,3°C	30,2°C	41,3°C	35,1°C	31,7°C	30,1°C	37,6°C
3	28,9°C	26,8°C	43°C	32,8°C	26,7°C	32°C	36,5°C
4	26,9°C	26°C	56,2°C	34°C	39°C	25,3°C	31,4°C
5	25,9°C	25°C	41,8°C	32,3°C	40,2°C	25,8°C	30,9°C
6	27,4°C	25,3°C	49,5°C	34,6°C	42,6°C	25,3°C	33,3°C
7	24,8°C	25,6°C	53,2°C	33°C	29,1°C	24,1°C	27,3°C
8	27°C	22,6°C	53°C	30,4°C	40,3°C	23,1°C	34,6°C

Tab. 3 – Hodnoty naměřených teplot

Dle naměřených teplot (Tab. 3) lze usoudit, že do rychloupínačů přechází ze svařované oblasti teplo. Uvedené naměřené hodnoty jsou extrémní teploty (bod s nejvyšší teplotou). Tento bod se zpravidla na všech upínkách projevoval na přítlačném šroubu. Výjimku tvořil

pouze rychloupínač č. 5, kde se maximální teplota projevovala na konstrukci aretovací páky (obr. 24).



Obr. 24 – Termogram rychloupínače č. 5

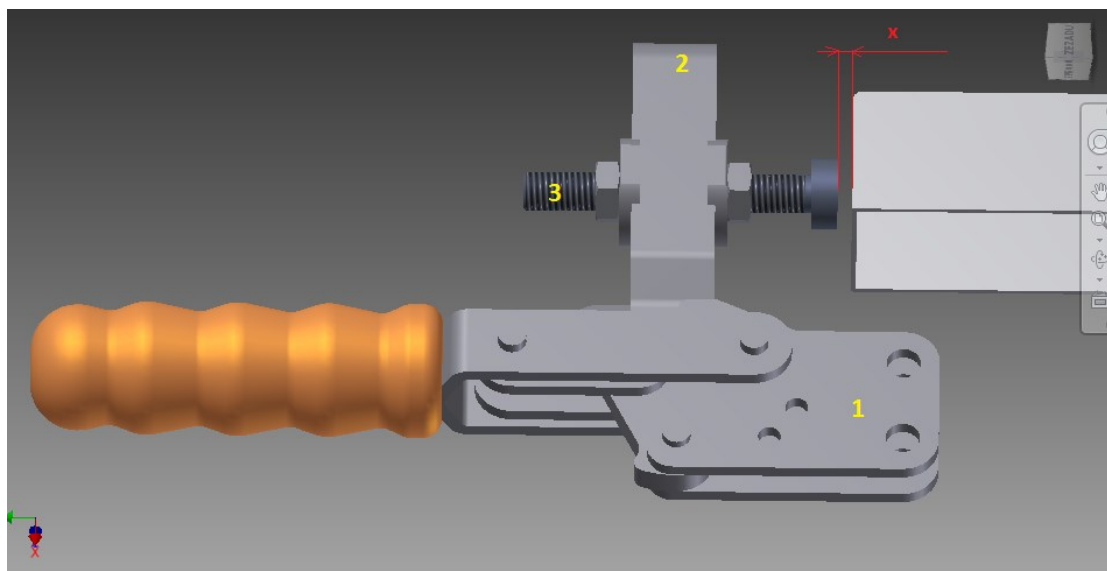
V kapitole 5.5 bylo zjištěno, že při maximální možné utahovací síle se deformace projevují pouze na konstrukci rychloupínače, tyto deformace byly ovšem zanedbatelné. Z toho vyplývá, že nedostatečný upínací tlak může nastat pouze tehdy, je-li špatně nastaven upínací šroub. Toto nastavení se může časem změnit právě vlivem vysokých teplot.

6. Návrh údržby svařovacího přípravků

Údržbu přípravků v současné době ve firmě BORCAD obstarává obsluha svařovacího robota. Tato údržba je prováděna bez jakýchkoli záznamů o zásahu.

6.1 Příčiny a následky špatně nastaveného rychloupínače

Pro správnou funkci rychloupínače, jsou dva předpoklady. Jeho základna (na obr. 25 označena jako 1) musí být pevně (nehybně) přichycena k rámu přípravku a přítlačný šroub (obr. 25, č. 3), zajišťující díl svařence, musí být povolen/ utažen do takové míry, že při zamknuté poloze upínky (obr. 25, rameno č. 2 v rovnoběžné poloze s upínanou plochou), nesmí být mezi dosedací hlavou šroubu a upínanou plochou žádná vůle. Na obr. 25 je pro představu zobrazena vůle, jako vzdálenost x , ve zvětšeném měřítku.



Obr. 25 – příklad špatně seřízeného přítlačného šroubu

Pokud je přítlačný šroub špatně nastaven, může se svařovaná součást při natáčení stolu přípravku uvolnit. Na takto uvolněné součásti, nesedící správně na přípravku, bude svařovacím robotem vytvořen svar na nesprávném místě. Z toho vyplývá, že svařované plochy (díly) nebudou mít vůči sobě požadovanou pevnost spoje nebo svar bude pouze na jedné stěně dílu. V takovém případě se musí součást dovařit ručně.

Další problém, při nesprávném tlaku upínky na obrobek, který může nastat je změna požadovaných tvarů. Při ochlazování svarové oblasti dochází ke smršťování teplem

rozepjatých dílů. Při nedostatečném upínacím napětí tedy může dojít k deformaci požadovaného tvaru, resp. překročení tvarové tolerance.

Kvůli těmto důvodům je tedy nezbytné dbát na kontrolu řádného nastavení přitlačného šroubu a bez hybné přichycení základu upínky k rámu přípravku.

6.2 Zavedení záznamů údržby

Pro jednotlivé přípravky k svařovacímu automatu by bylo vhodné zavedení záznamů, kde by se zapisovaly provedené úpravy, seřízení, nebo opravy přípravku. Pro každý přípravek by byl vlastní list záznamů. Pro zavedení by ovšem bylo nutné zavést jednoznačnou a nezaměnitelnou identifikaci jak celého přípravku, tak i jeho jednotlivých míst.

Využití svařovacího robota není stálé, ale řídí se podle aktuálních požadavků výroby. Proto jako záznamové médium postačí tabulka vyvěšená na nástěnce s rozpisem směn a bezpečnostními pokyny. Vzhledem k nestálé frekvenci využívání svařovacího robota, resp. přípravků, by stačilo provádět kontroly po 200 ks zhotovených svařenců. Zároveň by bylo vhodné provést kontrolu vždy po dokončení svařovacího plánu. Nejlépe po upnutí dílů pro poslední svařovací cyklus. Díky tomu se může provést kontrola upínek při zamčeném stavu a zkontrolovat, zdali jsou přitlačné síly dostatečné. V případě opaku by se ihned provedly potřebné korekce přitlačných šroubů na optimální stav.

6.3 Odpovědnosti obsluhy

Provádění kontrol přípravku

Zajištění oprav nalezených chyb






Vedení záznamu o provedených kontrolách a opravách

Ověřování kvality provedené opravy

Tab. 4 – Možný návrh záznamů kontrol

6.4 Postup provádění kontrol a údržby

Tabulka 4 je možný návrh takovéto záznamové karty. V hlavičce název by byl uveden unikátní označení přípravku, který se zrovna používá. Dále by se vyplnil datum kontroly, číslo upínky, která byla seřízena nebo opravena, popis odstraněné závady, jméno a podpis pracovníka, který kontrolu provedl. V případě nenalezení žádné vady stačí v políčku *Druh provedené údržby nebo opravy* udělat křížek nebo jiné označení bezvadného stavu. Příklad vypsání je v tabulce 5.

Regio+				
Datum	Číslo upínky	Druh provedené údržby nebo opravy	Jméno	Podpis
2.4.2013		OK	Novák	
22.4.2013		OK	Volný	
30.4.2013	22, 6	utažení přístlač. šroubu	Volný	
4.5.2013	13	oprava svaru uchycení upínky	Jenda	
12.5.2013		OK	Novák	

Tab. 5 – Příklad provedených kontrol

Tento postup spadá do systému plánované údržby. V tomto případě se jeví jako nejjednodušší, časově nejméně náročný a bez nutnosti odborného školení. Zavedení systému není finančně nákladné. Předpoklady pro tuto metodu jsou zodpovědnost obsluhy, která bude údržbovou činností právě vykonávat, označení přípravku a všech upínacích míst. Také je nutné při zavedení provést prvotní kontrolu a seřízení přípravku.

V tomto systému kontrol se nevyplatí zaznamenávat provedené kontroly v elektronické podobě. „Papírová“ metoda je v tomto případě mnohem lepší variantou, lépe se hodí do provozu, zejména co se týká úspory času. Při potřebě vyhodnocení kontrol se zápisy dají do počítače průběžně ukládat.

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodný systém udržování a kontrolování svařovacích přípravků používaných pro svařovací robot Panasonic TAWER TA-1900.

První části práce je věnována teorii údržby, výkladu více či méně používaných metod údržby a základním diagnostickým metodám používaných v údržbě. V praktické části jsem se zaměřil a rozbor přípravku, na kterém jsem mohl za provozu provádět měření, pevnostní analýzou jednotlivých druhů rychloupínačů použitých na přípravku a analýzu teplot rychloupínačů. Z těchto dvou rozborů jsem dospěl k závěru, co nejvíce ovlivňuje správnost a sílu upnutí. V poslední kapitole č. 6 jsem se zabýval problémem stávající údržby a navrhl systém údržby a kontrol.

Stávající údržba přípravků byla prováděna obsluhujícím pracovníkem bez jakéhokoli plánu a zápisů o provedených opravách. Proto se mohlo stát, že po výměně přípravků vznikly prostoje neplánovaným nutným seřízením nebo opravou. Tomu by měl navrhnutý systém plánované údržby předejít a navíc poskytnout informace o opakujících se závadách v jednotlivých upínacích uzlech.

Použité zdroje

- [1] Teorie údržby: základní pojmy, systémy údržby, postup údržby. In: *Česká zemědělská univerzita v Praze: Katedra jakosti a spolehlivosti strojů* [online]. 2010 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: http://tf.czu.cz/~pexa/Predmety/PUS/Prednasky/2_Teorie_pojmy_RGB.pdf
- [2] HELEBRANT, F. *Technická diagnostika IV. - Provoz a údržba strojů*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2008. 1. vydání. ISBN 80-7300-157-6.
- [3] Technická diagnostika v systémech údržby. *Automa* [online]. 2008, 5/2008, s. 3 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37313.pdf>
- [4] KREIDL, M a R ŠMÍD. *Technická diagnostika*. ČVUT v Praze: BEN - Technická literatura, 2006. 1. vydání. ISBN 80-7300-157-6.
- [5] Systémy údržby. In: *Cech majstrov údržby* [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.tpm.sk/index.files/Page346.htm>
- [6] HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.
- [7] Akustická diagnostika. In: NĚMEČEK, P. *Akustická diagnostika* [online]. 2011 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: http://www.kvm.tul.cz/studenti/texty/technicka_diagnostika/In-TECH%202_%20Akusticka_diagnostika.pdf
- [8] ČSN ISO 18434-1. *Monitorování stavu a diagnostika strojů - termografie: Část 1: všeobecné postupy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [9] Elektromagnetické spektrum. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001- [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum

- [10] Detektory tepelného záření. In: *Termogiagnostika* [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: http://tresen.vscht.cz/ufmt/cs/component/joomdoc/doc_download/691-tg3h.html
- [11] SVOBODA, Š. Měření teploty: bezkontaktní teploměry a termovizní kamery. *Měření teploty* [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26549
- [12] Zdravotní technika - Borcad.cz. *Borcad cz s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.borcad.cz/zdravotni-technika/>
- [13] kolejová technika - Borcad.cz. *Borcad cz s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.borcad.cz/kolejova-technika/>

Seznam obrázků

- Obr. 1 – zdravotnická křesla AVE, GRACIE, PURA, SELLA
- Obr. 2 – křesla pro kolejovou dopravu REGIO+, COMFORT, EXCELLENT
- Obr. 3 – Budova firmy BORCAD
- Obr. 4 – schéma systému údržby po poruše
- Obr. 5 – schéma systému plánované údržby
- Obr. 6 – schéma systému diagnostické údržby
- Obr. 7 – schéma systému prediktivní údržby
- Obr. 8 – schéma systému TPM
- Obr. 9 – Vanová křivka
- Obr. 10 – Rozdělení elektromagnetického spektra
- Obr. 11 – porovnání infračerveného teploměru a termokamery
- Obr. 12 – Nákres obecného termovizního systému
- Obr. 13 – Rozmístění robotického pracoviště:
- Obr. 14 - Svařovací přípravek
- Obr. 15 – model rychloupínače
- Obr. 16 – Model rychloupínače P200
- Obr. 17 – Část svařence citlivá na mechanickou sílu
- Obr. 18 – Volba okrajových podmínek
- Obr. 19 – Rozdíl napětí Von-Mises pro různé směry gravitace
- Obr. 20 – Výsledek simulace vertikální upínky

Obr. 21 – Rychloupínač push-pull

Obr. 22 – Výsledek simulace upínky typu push-pull

Obr. 23 – Ukázka měření termokamerou

Obr. 24 – Termogram rychloupínače č. 5

Obr. 25 – příklad špatně seřízeného přitlačného šroubu

Seznam tabulek

Tab. 1 – Rozdělení technické diagnostiky

Tab. 2 – Časy svařování jednotlivých bodů

Tab. 3 – Hodnoty naměřených teplot